

Rec'd PCT/PTO 13 DEC 2004

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

10/517750

1

## Beschreibung

Substrat für einen organischen Feld-Effekt Transistor, Verwendung des Substrates, Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und Organischer Feld-Effekt Transistor (OFET)

Die Erfindung betrifft ein Substrat für einen organischen Feld-Effekt-Transistor, eine Verwendung des Substrates, ein Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und einen organischen Feld-Effekt Transistor, auf dem ein organisches Funktionsmaterial in geordneter Form abgeschieden werden kann.

Beim Aufbau von elektrischen Schaltungen, die auf organischen Materialien basieren, wie z. B. bei organischen Dioden, Kondensatoren und insbesondere organischen Feldeffekt-Transistoren (OFETs), werden dünne Schichten eines organischen Funktionsmaterials auf geeigneten Substraten aus Silizium, Glas oder Kunststoff durch verschiedenartige Verfahren, wie Spin-Coating, Rakeln, Aufsprayen, Plotten, Drucken, Aufdampfen, Sputtern etc. aufgebracht. Um für die elektrische Performance günstige Materialeigenschaften wie zum Beispiel hohe elektrische Leitfähigkeit oder auch eine hohe Ladungsträgermobilität zu erhalten, ist es günstig, in dem organischen Funktionsmaterial eine gewisse molekulare Ordnung zu erzeugen.

In der Literatur werden neben einfachen Substraten aus Silizium [Z. Bao et al., Appl. Phys. Lett. 69 (26) (1996) 4108]; Polycarbonat [G.H. Gelinck et al., Appl. Phys. Lett. 77 (10) (2000) 1487] oder Polyimid [C.J. Drury et al., Appl. Phys. Lett. 73 (1) (1998) 108]; auch mechanisch vorbehandelte, d.h. gebürstete Polyimid-Substrate beschrieben, die eine geordnete Abscheidung von konjugierten Polymeren als Halbleiter erleichtern und somit zu höheren Feldeffekten in OFETs im Vergleich zu unbehandeltem Polyimid führen [H. Sirringhaus et al., Science 290 (2000) 2123]. Die mechanische Vorbehandlung

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

## 2

ist aufwendig, d.h. stellt einen zusätzlichen Prozessschritt dar und kann dazu führen, dass die Oberfläche des Substrats angegriffen wird.

- 5 Aus der US 2002041427 ist ein Verfahren zur Herstellung eines kristallinen, optisch nicht-linearen (NLO) Films bekannt, bei der mit Hilfe einer nur zu diesem Zweck aufgebrachten Zwischenschicht (alignment layer) eine geordnete Aufbringung des NLO-Films erleichtert wird.

10

Neben diesen Versuchen, eine geordnete Aufbringung eines Funktionsmaterials zu erleichtern und/oder bis zu einem bestimmten Grad zu garantieren, gibt es bislang noch keine Methode, ein Funktionsmaterial geordnet auf das Substrat aufzubringen. Die geordnete Aufbringung eines organischen Funktionsmaterials ist jedoch entscheidend für dessen Ladungsträgerbeweglichkeit. Es besteht daher ständig der Bedarf, Methoden zur Verfügung zu stellen, mit denen besser geordnete Schichten aus Funktionsmaterial erzeugt werden können.

20

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Substrat oder einen Untergrund zu schaffen, der eine geordnete Oberfläche hat, die eine orientierte und geordnete Aufbringung/Abscheidung eines organischen Funktionsmaterials ermöglicht.

25

Gegenstand der Erfindung ist ein Substrat und/oder eine untere Schicht eines elektronischen Bauteils, das (die) mit einer organischen Funktionsschicht beschichtet werden soll, wobei das Substrat oder die untere Schicht eine orientierte, gestreckte (geordnete) Kunststofffolie derart umfasst, dass die Ordnung der Kunststofffolie ein Aufbringen des Funktionsmaterials in geordneter Form ermöglicht.

30

- Als Substrat, Untergrund oder untere Schicht wird hier jede  
35 Schicht bezeichnet, die als Träger einer Schicht mit organischem Funktionsmaterial dienen kann. Es kann sich durchaus

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

3

auch um eine Folie zur Verkapselung handeln, beispielsweise wenn ein OFET in einem Bottom-up Layout aufgebaut wird.

Der Begriff "organisches Material" oder "Funktionsmaterial" oder "(Funktions-)Polymer" umfasst hier alle Arten von organischen, metallorganischen und/oder organisch-anorganischen Kunststoffen (Hybride), insbesondere die, die im Englischen z.B. mit "plastics" bezeichnet werden. Es handelt sich um alle Arten von Stoffen mit Ausnahme der Halbleiter, die die klassischen Dioden bilden (Germanium, Silizium), und der typischen metallischen Leiter. Eine Beschränkung im dogmatischen Sinn auf organisches Material als Kohlenstoff enthaltendes Material ist demnach nicht vorgesehen, vielmehr ist auch an den breiten Einsatz von z.B. Siliconen gedacht. Weiterhin soll der Term keiner Beschränkung im Hinblick auf die Molekülgröße, insbesondere auf polymere und/oder oligomere Materialien unterliegen, sondern es ist durchaus auch der Einsatz von "small molecules" möglich. Der Wortbestandteil "polymer" im Funktionspolymer ist historisch bedingt und enthält insofern keine Aussage über das Vorliegen einer tatsächlich polymeren Verbindung.

Bevorzugt wird eine axial gestreckte orientierte und/oder zumindest teilkristalline Kunststofffolie, insbesondere eine monoaxial und bevorzugt eine biaxial gestreckte Kunststofffolie eingesetzt. Beispielsweise eignet sich eine Folie aus isotaktischem Polypropylen, Polyamid, Polyethylen, Polyethylenterephthalat, Polyphthalamid, Polyethylen, Polyetherketon (PEKK), Polyetheretherketon (PEEK), syndiotaktisches Polystyrol, Polyvinylidendifluorid, Polytetrafluorethylen etc.

Durch die bereits bei der Herstellung und der nachfolgenden Prozessierung der Polymerfolien erfolgende Streckung werden im Substrat und damit auch auf seiner Oberfläche teilweise hochgeordnete Kristallite in Form von parallel liegenden Molekülketten bzw. Kettenteilen erzeugt, die es ermöglichen,

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

4

konjugierte Polymere und auch organische Materialien mit niederem Molekulargewicht (Monomere, Oligomere und/oder „small molecules“) in sowohl leitender und nichtleitender Form als auch in halbleitender und nichthalbleitender Form geordnet  
5 abzuschneiden. Das Aufbringen der besagten organischen Funktionsschicht kann dabei aus Lösung (Spin-Coating, Drucken, Plotten, Rakeln etc.) aber auch aus der Gasphase (Aufdampfen, Sputtern etc.) erfolgen. Durch die Orientierung des Substrates dient dieses als sogenanntes „alignment template“ und  
10 führt zur Bildung von hochgeordneten Bereichen im abgeschiedenen Funktionsmaterial, was zu höheren Leitfähigkeiten und/oder höheren Ladungsträgermobilitäten führt.

Im folgenden wird die Erfindung noch anhand einer Figur erläutert:  
15

Zu sehen ist das Substrat 1, vorzugsweise eine biaxial gestreckte Kunststoffolie, beispielsweise eine Folie aus Polyethylenterephthalat (PET) darauf Source und Drain Elektroden 2  
20 (beispielsweise aus leitfähigem Polyanilin (PANI)). Die Halbleiterschicht 3 wird so auf das Substrat aufgebracht, dass sie in direktem Kontakt mit der biaxial gestreckten Kunststoffolie 1 abgeschieden wird. Somit entsteht eine Ordnung innerhalb der Halbleiterschicht, durch die eine besser Beweglichkeit der Ladungsträger erzielt wird. Dazu wird beispielsweise eine Lösung von Poly(3-hexylthiophen) in Chloroform durch Spin-coating auf das Substrat 1 aufgeschleudert, so  
25 dass eine 100 nm dünne und homogene Polymerschicht entsteht. Nach einem Trocknungsschritt wird eine elektrisch isolierende Polystyrolschicht 4 als Gatedielektrikum aufgeschleudert.  
30

Zur Herstellung der Gate-Elektrode 5 wird in einer dem Fachmann geläufigen Methode (Sputtern etc) verfahren.

35 Ein derartig auf einem durch Verstreckung vororientiertem Substrat aufgebrachter organischer Feldeffekt-Transistor (OFET) zeigt Ladungsträgermobilitäten von  $\mu > 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Die-

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

5

ser Wert liegt mehrere Größenordnungen über den Mobilitäten, die in OFETs mit identischem Aufbau, jedoch mit einem nicht-orientiertem Substrat (z.B. Silizium oder Siliziumoxid) möglich sind.

5

Durch die Erfindung wird es erstmals möglich, mit der Wahl eines geeigneten Substrats die Ladungsträgermobilität in organischen Halbleitern um Größenordnungen zu steigern.

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

6

## Patentansprüche

1. Substrat und/oder eine untere Schicht eines elektronischen Bauteils, das (die) mit einer organischen Funktionsschicht  
5 beschichtet werden soll, wobei das Substrat oder die untere Schicht eine orientierte, gestreckte (geordnete) Kunststoff-  
folie derart umfasst, dass die Ordnung der Kunststoffolie ein Aufbringen des Funktionsmaterials in geordneter Form er-  
möglicht.  
10
2. Substrat nach Anspruch 1, wobei die Kunststoffolie zumin-  
dest teilkristallin und/oder axial gestreckt ist.
3. Substrat nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die  
15 Kunststoffolie mono- oder biaxial gestreckt ist.
4. Substrat nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die  
Kunststoffolie aus isotaktischem Polypropylen, Polyamid,  
Polyethylen, Polyethylenterephthalat... ist.  
20
5. Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität einer  
leitenden oder halbleitenden Schicht aus organischem Materi-  
al, bei dem die leitende oder halbleitende Schicht auf einem  
Untergrund mit einer orientierten, gestreckten (geordneten)  
25 Kunststoffolie aufgebaut wird.
6. Verwendung eines Substrats und/oder einer unteren Schicht  
nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung eines OFETs.
- 30 7. Organischer Feld-Effekt-Transistor (OFET) mit einer halb-  
leitenden Schicht aus organischem Material, die eine Ladungs-  
trägermobilität von  $\mu > 10^{-3} \text{cm}^2/\text{Vs}$  hat.

### Zusammenfassung

Substrat für einen organischen Feld-Effekt Transistor, Verwendung des Substrates, Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und Organischer Feld-Effekt Transistor (OFET)

5

Die Erfindung betrifft ein Substrat für einen organischen Feld-Effekt-Transistor, eine Verwendung des Substrates, ein Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und einen organischen Feld-Effekt Transistor auf dem ein organisches Funktionsmaterial in geordneter Form abgeschieden werden kann. Dies wird dadurch erreicht, dass als Untergrund für die Schicht eine geordnete Kunststoffolie eingesetzt wird.

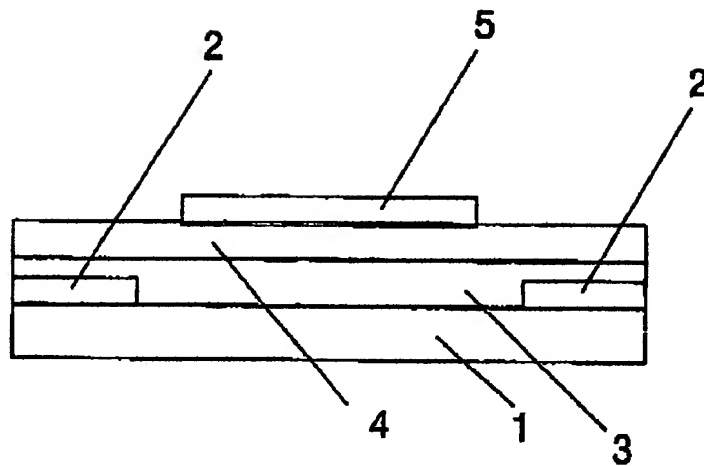
10

10/517750

WO 03/107450

PCT/DE03/01899

1/1





22. SEP. 2004 11:32

PATENTANW. LOUIS POEHLAU LOHRENTZ

NR. 3524 S. 3/3

PCT/DE 03/01899

Patentansprüche

5

1. Substrat und/oder eine untere Schicht eines elektronischen Bauteils, das (die) mit einer organischen Funktionsschicht beschichtet werden soll, wobei das Substrat oder die untere Schicht eine teilkristalline und/oder axial gestreckte (geordnete) Kunststoffolie derart umfasst, dass die Ordnung der Kunststoffolie ein Aufbringen des Funktionsmaterials in geordneter Form ermöglicht.  
10
2. Substrat nach Anspruch 1, wobei die Kunststoffolie biaxial gestreckt ist.  
15
3. Substrat nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kunststoffolie aus isotaktischem Polypropylen, Polyamid, Polyethylen, Polyethylenterephthalat, ist.
- 20 4. Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität einer leitenden oder halbleitenden Schicht aus organischem Material, bei dem die leitende oder halbleitende Schicht auf einem Untergrund mit einer teilkristallinen und/oder axial gestreckten (geordneten) Kunststoffolie aufgebaut wird.
- 25 5. Verwendung eines Substrats und/oder einer unteren Schicht nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung eines OFETs.
6. Organischer Feldeffekt-Transistor (OFET) mit einer Kunststoffolie nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einer halbleitenden Schicht aus  
30 organischem Material, wobei die halbleitende Schicht so aufgebracht wird, dass sie in direktem Kontakt mit der Kunststoffolie steht und durch diesen Kontakt ihre Ladungsträgermobilität auf  $\mu > 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  erhöht ist.

Robin L. E. Rich, M.A.

Rembrandtstr. 17/3  
D-72622 Nürtingen  
Germany

DECLARATION

In the matter of a PCT Application for Patent

File No. PCT/DE 03/01899

entitled

**Substrate for an organic field effect transistor, use of said substrate, method of increasing the charge carrier mobility and organic field effect transistor (OFET)**

Validation of the German text of said Application for Patent  
filed by Siemens Aktiengesellschaft (DE/DE)  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 Munich (DE)

For US

---

I, Robin L. E. Rich, M.A., of the above address, do hereby solemnly and sincerely declare that I am conversant with the German and English languages and am a competent translator thereof and that, to the best of my knowledge and belief, the attached document in the English language is a true and correct translation made by me of the original Description, Claims and Abstract and of the amended claims 1 to 6 of the attached German text of said Application for Patent.

Signed this ninth day of December, 2004

*R. L. E. Rich*

R. L. E. Rich